

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-338211

(P2000-338211A)

(43)公開日 平成12年12月8日(2000.12.8)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームト\*(参考)

G 0 1 R 33/09

G 0 1 R 33/06

R 2 G 0 1 7

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平11-148441

(22)出願日

平成11年5月27日(1999.5.27)

(71)出願人 000237721

富士電気化学株式会社

東京都港区新橋5丁目36番11号

(72)発明者 林 智幸

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気  
化学株式会社内

(72)発明者 鈴木 保敏

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気  
化学株式会社内

(74)代理人 100078961

弁理士 茂見 穰

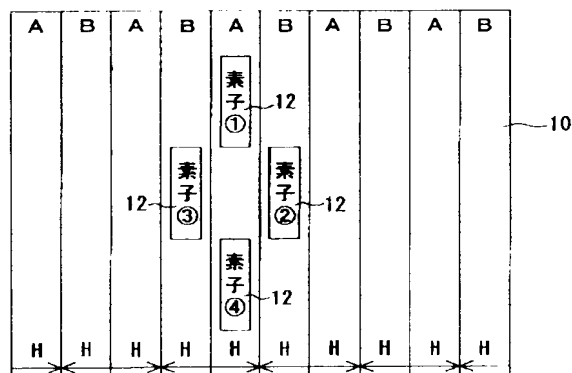
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気センサ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 4個のスピバルブ型磁気抵抗素子を同一基板上に配列形成して、構造が複雑化することなくブリッジ結線できるようにする。

【解決手段】 4個のスピバルブ型磁気抵抗素子が単一基板上で菱形の頂点位置に配列形成されると共に、前記基板上でそれら各磁気抵抗素子間をループ状に接続する導電体層が形成されており、各磁気抵抗素子の磁界に応答し難いピン止め磁性層の磁化方向が、対角の位置関係にある磁気抵抗素子同士では平行、隣接する位置関係にある磁気抵抗素子同士では反平行となっている構造である。磁気抵抗素子は、スピバルブ型GMR素子でもよいし、スピバルブ型トンネルMR素子でもよい。これらの磁気センサは、ストライプ状に多極着磁した永久磁石板10の上に基板を載せ、磁気抵抗素子12の成膜を行うか、あるいは磁気抵抗素子の熱処理を行うことで製造する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 4個のスピンハルプ型磁気抵抗素子が単一基板上で菱形の頂点位置に配列形成されると共に、前記基板上でそれら各磁気抵抗素子間をループ状に接続する導電体層が形成されており、前記各磁気抵抗素子の磁界にตอบสนองし難いピン止め磁性層の磁化方向が、対角の位置関係にある磁気抵抗素子同士では平行、隣接する位置関係にある磁気抵抗素子同士では反平行となっていることを特徴とする磁気センサ。

【請求項2】 スピンハルプ型磁気抵抗素子か、外部磁界に対し磁化の向きを自由に変えるフリー磁性層と、非磁性金属層と、外部磁界に対しตอบสนองし難いピン止め磁性層と、該ピン止め磁性層をピン止めする反強磁性層を積層した構造のスピンハルプ型GMR素子である請求項1記載の磁気センサ。

【請求項3】 スピンハルプ型磁気抵抗素子か、外部磁界に対し磁化の向きを自由に変えるフリー磁性層と、絶縁層と、外部磁界に対しตอบสนองし難いピン止め磁性層と、該ピン止め磁性層をピン止めする反強磁性層を積層した構造のスピンハルプ型トンネルMR素子である請求項1記載の磁気センサ。

【請求項4】 請求項1乃至3記載の磁気センサを製造する方法において、ストライプ状に多極着磁した永久磁石板の上に基板を載せ、対角の位置関係にある一対の磁気抵抗素子が同一のストライプ状領域の上に位置し、残りの2個の磁気抵抗素子が前記一対の磁気抵抗素子の両側の逆向きに着磁されたストライプ状領域の上にそれぞれ位置するようにし、その上で磁気抵抗素子の成膜を行うことを特徴とする磁気センサの製造方法。

【請求項5】 請求項1乃至3記載の磁気センサを製造する方法において、ストライプ状に多極着磁した永久磁石板の上に基板を載せ、対角の位置関係にある一対の磁気抵抗素子が同一のストライプ状領域の上に位置し、残りの2個の磁気抵抗素子が前記一対の磁気抵抗素子の両側の逆向きに着磁されたストライプ状領域の上にそれぞれ位置するようにし、その上で磁気抵抗素子の熱処理を行うことを特徴とする磁気センサの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、4個のスピンハルプ型磁気抵抗素子を単一基板上で菱形の頂点に位置するように配列形成し、それらを導電体層でループ状に接続した構造の磁気センサ及びその製造方法に関するものである。この磁気センサは、例えば地磁気の検出や微小位置決めセンサなどに有用である。

## 【0002】

【従来の技術】微小な磁界を検知する超高感度磁気センサとして、NiFe、CoFe膜の異方性磁気抵抗効果（AMR）を利用するものがある。この種の磁気センサは、フォトリソグラフィ技術によって基板上に多数個

形成するように、蒸着法あるいはスパッタ法などにより作製される。これらの磁性膜は、温度変化に敏感であるため、ブリッジを組んで差動出力をとるよう構成する。

【0003】軟磁性膜の異方性の制御方法としては、素子パターン形状の異方性を利用する方法と、永久磁石による磁界やコイルへの通電による磁界を印加しながら成膜して誘導磁気異方性を付与する方法がある。異方性磁気抵抗効果（AMR）を利用する磁気抵抗素子においては、膜の磁化方向と電流の流れる向きとの相対角度で抵抗が変化するため、零磁界から正負の磁界に対して抵抗は対称に変化する。磁界センサとしては、ブリッジ回路で差動出力を得るように結線するため、磁気抵抗素子にバイアス磁界を加え、磁界に対する応答を線形にしている。

【0004】異方性磁気抵抗効果（AMR）は、抵抗変化率（ $(\text{抵抗変化量}/\text{抵抗値}) \times 100\%$ ）が2～3%と低く、そこで、より高感度化の要求に対応するためGMR（巨大磁気抵抗効果）を利用したスピンハルプ型GMR素子やスピントンネル現象を利用したスピンハルプ型トンネルMR素子を用いる磁気センサが提案されている。

【0005】スピンハルプ型GMR素子は、外部磁界に対し磁化の向きを自由に変えるフリー磁性層と、非磁性金属層と、外部磁界に対しตอบสนองし難いピン止め磁性層を積層した構造を有しており、2つの磁性層の磁化の向きの相対角度に依存して電気抵抗が変化する現象を利用している。このようなスピンハルプ型GMR素子は、磁界に対する線形性が優れ、且つ抵抗変化率が5～10%と高い特性をもつ。

【0006】スピンハルプ型トンネルMR素子は、外部磁界に対し磁化の向きを自由に変えるフリー磁性層と、絶縁層と、外部磁界に対しตอบสนองし難いピン止め磁性層を積層した構造を有しており、2つの磁性層間に電圧を印加し、電子をトンネリングさせたときの2つの磁性層の磁化の向きの相対角度により、電子のトンネル確率が変化する現象を利用している。外部磁界に対する抵抗変化率の変化を大きくするため、強磁性層に隣接して反強磁性層（FeMn、NiMn）を積層する構成が提案されている（特開平9-106514号公報参照）。また、NiFe/Co/絶縁層（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）/Co/NiFe/FeMnの積層構造において抵抗変化率が10%以上得られることが報告されている（「磁化固定層をもつ強磁性トンネル接合の磁気抵抗効果」佐藤重雄、小林和雄、日本応用磁気学会誌21,489-492(1997)参照）。

【0007】これらのスピンハルプ型磁気抵抗素子においては、ピン止め磁性層の磁化方向で磁界に対する線形動作方向を変化させることができる。このピン止め磁性層は反強磁性材料（FeMn、NiMn、IrMn、P



用いた配置例である。なお符号13は、導電体膜を示している。

【0018】スピンバルブ型GMR素子の基本膜構成の例を図7に示す。これは、基板20上に、下地層22（Ta、Zr膜）、フリー磁性層24（NiFe膜又はCoFe、Co、CoFeB膜）、非磁性金属層26（Cu膜）、固定層28（CoFe、Co、CoFeB膜又はNiFe膜からなるピン止め磁性層30、及びFeMn、IrMn、PtMn膜の反強磁性層32）、保護層34（Ta膜）をその順序で積層した構成である。これらの層は全てほぼ同じ矩形形状であり、同じ向きに積層されている。

【0019】また、スピンバルブ型トンネルMR素子の基本膜構成の例を図8に示す。これは、基板40上に、下地層42（Ta、Zr膜）、フリー磁性層44（NiFe膜又はCoFe、Co、CoFeB膜）、絶縁層46（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜）、固定層48（CoFe、Co、CoFeB膜又はNiFe膜からなるピン止め磁性層50、及びFeMn、IrMn、PtMn膜の反強磁性層52）、保護層54（Ta膜）を積層した構成である。例えば、横向き細長状で中央が窄まったフリー磁性層44、円形の絶縁層46、縦向き細長状で中央が窄まった固定層48が積層されている。

【0020】

【実施例】（実施例1-1）Si基板上に絶縁層SiO<sub>2</sub>を2000Å形成する。次に、各素子を菱形配置するためメタルマスクを取り付け、真空チャンバ内にセットする。そして、各素子の長手方向に同一方向に均一磁界が加わるように永久磁石板を配置する。その状態で、下地層（Ta膜）、フリー磁性層（NiFe膜）、非磁性金属層（Cu膜）を順次成膜する。各膜の厚さは、下地層Ta：50Å、フリー磁性層NiFe：120Å、非磁性金属層Cu：30Åである。

【0021】次に基板をストライプ着磁した永久磁石上に配置して、真空チャンバ内にセットする。ここでは、予めストライプ着磁した永久磁石板を真空チャンバ内に設置しておき、その上に基板を載せる方法で行った。この状態でピン止め磁性層（NiFe膜）、反強磁性層（FeMn膜）、保護層（Ta膜）を順次成膜する。各膜の厚さは、ピン止め磁性層NiFe：30Å、反強磁性層FeMn：90Å、保護層Ta：50Åである。そして、これらの素子間を接続するようにメタルマスクを施し、導電体層（Ag膜）を形成する。

【0022】この試料の電圧印加端子（図1の端子1及び2）に電圧V（100mV）を印加して、出力電圧端子（図1の端子3及び4）間で磁界に対するブリッジ出力電圧を測定した。その結果、図9に示すように、印加磁界に対して出力電圧が変化し、磁界センサとして機能していることが確認できた。

【0023】（実施例1-2）Si基板上に絶縁層Si

O<sub>2</sub>を2000Å形成する。次に、各素子を菱形配置するためメタルマスクを取り付け、真空チャンバ内にセットする。そして、各素子の長手方向に均一磁界が加わるように永久磁石板を配置する。その状態で、下地層（Ta膜）、フリー磁性層（NiFe膜）、非磁性金属層（Cu膜）を順次成膜する。各膜の厚さは、下地層Ta：50Å、フリー磁性層NiFe：120Å、非磁性金属層Cu：30Åである。

【0024】次に、基板への磁界が90度異なるように向きを変えて真空チャンバ内にセットする。ここでは、予め90度回転させた永久磁石板を真空チャンバ内に設置しておき、その上に基板を載せる方法で行った。この状態でピン止め磁性層（NiFe膜）、反強磁性層（FeMn膜）、保護層（Ta膜）を順次成膜する。各膜の厚さは、ピン止め磁性層NiFe：30Å、反強磁性層FeMn：90Å、保護層Ta：50Åである。そして、これらの素子間を接続するようにメタルマスクを施し、導電体層（Ag膜）を形成する。

【0025】反強磁性層でピン止め磁性層を固定している場合は、反強磁性層のネール温度付近の温度から磁場中冷却を施すことにより、磁界方向にピン止め磁性層を固定できる。そこで、上記のように作製した試料を、真空中200℃で約1時間熱処理し徐冷する。磁界は、ストライプ状に着磁した永久磁石上に基板を配置することによって印加する。永久磁石としては、2000Gにおいても磁界を発生できる17系SmCo磁石を用いた。

【0026】この試料の電圧印加端子に電圧V（100mV）を印加し、出力電圧端子間で磁界に対するブリッジ出力電圧を測定した。その結果、図9に示すのと同様、印加磁界に対して出力電圧が変化し、磁界センサとして機能していることが確認できた。

【0027】（実施例2-1）Si基板上に絶縁層SiO<sub>2</sub>を2000Å形成する。次に各素子を菱形配置するためメタルマスクを取り付け、真空チャンバ内にセットする。そして、各素子の長手方向に垂直に均一磁界が加わるように永久磁石板を配置する。その状態で下地層（Ta膜）、フリー磁性層（NiFe膜+CoFe膜）を順次成膜する。各膜の厚さは、下地層Ta：50Å、フリー磁性層NiFe：120Å、CoFe：30Åである。次に絶縁層を成膜する。基板を一旦大気中に取り出し、絶縁層用のマスクに切り替え、真空チャンバ内にセットする。このとき磁界印加用の永久磁石は無くてもよい。ここでAl金属膜を13Å成膜する。そして大気中に取り出し、室温、大気中で240時間保持し、Al膜を酸化させてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜にする。ガラスや酸化や高温酸化してもよい。

【0028】その後、基板をストライプ着磁した永久磁石上に配置して、真空チャンバ内にセットする。ここでは、予めストライプ着磁した永久磁石板を真空チャンバ内に設置しておき、その上に基板を載せる方法で行っ

た。この状態でピン止め磁性層(CoFe膜+NiFe膜)、反強磁性層(FeMn膜)、保護層(Ta膜)を順次成膜する。各膜の厚さは、ピン止め磁性層CoFe:30Å、NiFe:30Å、反強磁性層FeMn:90Å、保護層Ta:50Åである。そして、これらの素子間を接続するようにメタルマスクを施し、導電体層(Ag膜)を形成する。

【0029】この試料の電圧印加端子に電圧V(100mV)を印加し、磁界に対してブリッジ出力電圧を測定した。その結果、図10に示すように、印加磁界に対して出力電圧が変化し、磁界センサとして機能していることが確認できた。

【0030】(実施例2-2)S1基板上に絶縁層SiO<sub>2</sub>を2000Å形成する。次に各素子を変形配置するためメタルマスクを取り付け、真空チャンバ内にセットする。そして、各素子の長手方向に垂直に均一磁界が加わるように永久磁石板を配置する。その状態で下地層(Ta膜)、フリー磁性層(NiFe膜+CoFe膜)を順次成膜する。各膜の厚さは、下地層Ta:50Å、フリー磁性層NiFe:120Å、CoFe:30Åである。次に絶縁層を成膜する。基板を一旦大気中に取り出し、絶縁層用のマスクに切り替え、真空チャンバ内にセットする。このとき磁界印加用の永久磁石は無くてもよい。ここでA1全膜を13Å成膜する。そして大気中に取り出し、室温、大気中で240時間保持し、A1膜を酸化させてA1<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜にする。

【0031】その後、基板への磁界が90度異なるように向きを変えて真空チャンバ内にセットする。ここでは予め90度回転させた永久磁石板を真空チャンバ内に設置しておき、その上に基板を載せる方法で行った。この状態でピン止め磁性層(CoFe膜+NiFe膜)、反強磁性層(FeMn膜)、保護層(Ta膜)を順次成膜する。各膜の厚さは、ピン止め磁性層CoFe:30Å、NiFe:30Å、反強磁性層FeMn:90Å、保護層Ta:50Åである。そして、これらの素子間を接続するようにメタルマスクを施し、導電体層(Ag膜)を形成する。

【0032】反強磁性層でピン止め磁性層を固定している場合は、反強磁性層のキュリー温度付近の温度から磁場中冷却を施すことにより、磁界方向にピン止め磁性層を固定できる。そこで、上記のように作製した試料を、真空中200℃で約1時間熱処理し徐冷する。磁界は、ストライプ状に着磁した永久磁石上に基板を配置することで印加する。永久磁石としては、200℃においても磁界を発生できる2-17系SmCo磁石を用いた。

【0033】この試料の電圧印加端子に電圧V(100mV)を印加し、磁界に対してブリッジ出力電圧を測定した。その結果、図10に示すのと同様、印加磁界に対して出力電圧が変化し、磁界センサとして機能していることが確認できた。

【0034】上記の各実施例においては、素子形成にメタルマスクを用いているが、フォトリソグラフィ技術により作製しても何ら問題はない。実際には、同一基板上に多数の磁気センサを一括して形成し、個々に切り出して製品とする。

【0035】

【発明の効果】本発明は上記のように構成した磁気センサであるから、構造が複雑化することなく同一基板上に4個のスピンバルブ型磁気抵抗素子を一括して配列形成してブリッジを組むことができ、小型化に適し、磁界応答性を高めてくる。

【0036】また本発明によれば、同一基板上に4個のスピンバルブ型磁気抵抗素子を配列形成してブリッジを組んだ小型の磁気センサを、効率的に安価に製造することが可能となる。

【4面の簡単な説明】

【図1】本発明で用いるストライプ状に着磁した永久磁石板の説明図。

【図2】磁気センサにおけるブリッジ構成の説明図。

【図3】本発明におけるストライプ状に着磁した永久磁石板と各スピンバルブ型磁気抵抗素子の位置関係を示す説明図。

【図4】各スピンバルブ型磁気抵抗素子の外部磁界抵抗値の特性説明図。

【図5】本発明に係るスピンバルブ型GMR素子を用いた磁気センサの一例を示す配置接続説明図。

【図6】本発明に係るスピンバルブ型トンネルMR素子を用いた磁気センサの一例を示す配置接続説明図。

【図7】スピンバルブ型GMR素子の積層構造の一例を示す説明図。

【図8】スピンバルブ型トンネルMR素子の積層構造の一例を示す説明図。

【図9】本発明に係るスピンバルブ型GMR素子を用いた磁気センサの出力特性の一例を示す説明図。

【図10】本発明に係るスピンバルブ型トンネルMR素子を用いた磁気センサの出力特性の一例を示す説明図。

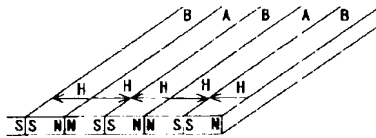
【符号の説明】

10 永久磁石板

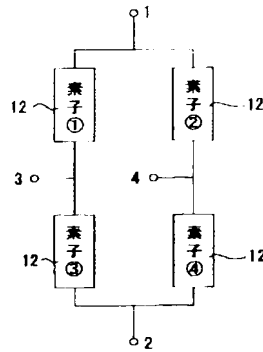
12 スピンバルブ型磁気抵抗素子

14 導電体層

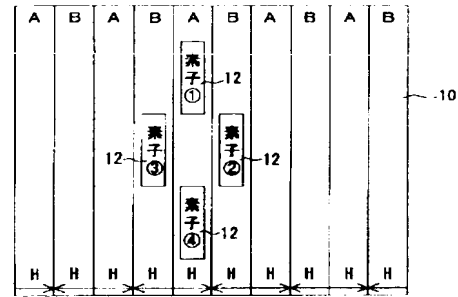
【図1】



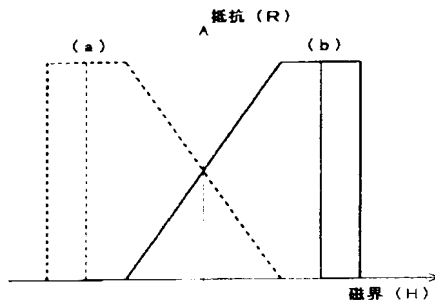
【図2】



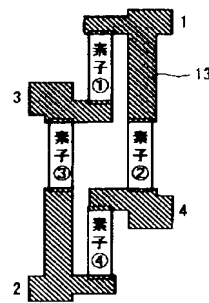
【図3】



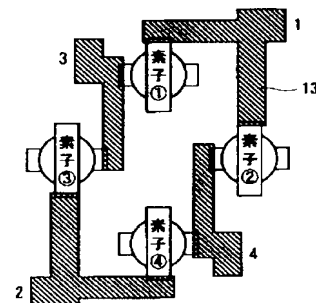
【図4】



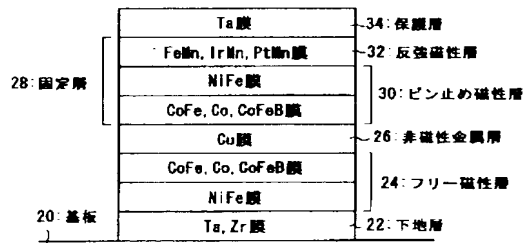
【図5】



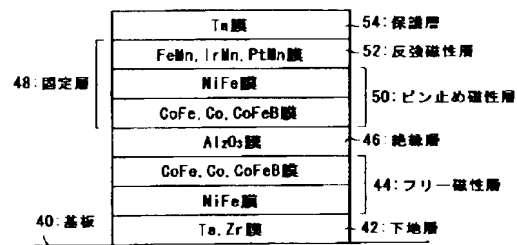
【図6】



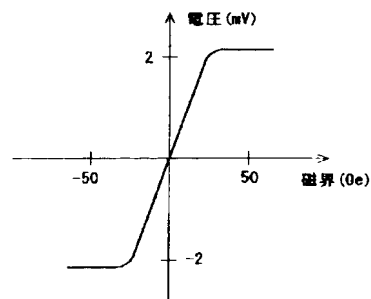
【図7】



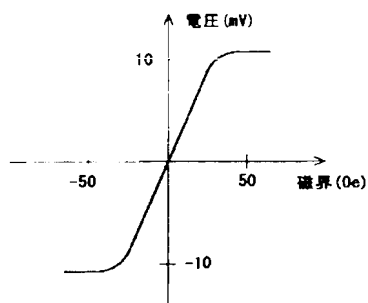
【図8】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(72)発明者 定行 勝  
東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気  
化学株式会社内

(72)発明者 中野 廣文  
東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気  
化学株式会社内  
ド ターム(参考) 2G017 AD55 AD62 AD63 AD65

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-338211

(43)Date of publication of application : 08.12.2000

(51)Int.Cl.

G01R 33/09  
H01L 43/08

(21)Application number : 11-148441

(71)Applicant : FUJI ELELCTROCHEM CO LTD

(22)Date of filing : 27.05.1999

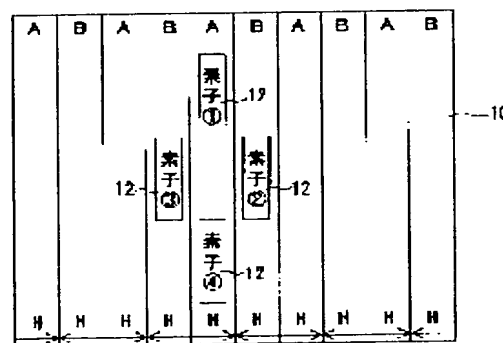
(72)Inventor : HAYASHI TOMOYUKI  
SUZUKI YASUTOSHI  
SADAYUKI MASARU  
NAKANO HIROFUMI

## (54) MAGNETIC SENSOR AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To permit bridge connection without complicating structure by aligning and forming four spin valve type magneto resistance elements on the same substrate.

**SOLUTION:** In this magnetic sensor, four spin valve type magneto resistance elements are aligned and formed at vertex positions of a rhombus on a single substrate, and a conductor layer connecting the elements in a loop type on the substrate is formed. As to the magnetization direction of a pinned magnetic layer of each element which is hard to respond to a magnetic field, elements in the diagonal position relation have a parallel relation, and elements in the adjacent position relation have an reverse parallel relation. The element may be a spin valve type GMR element or a spin valve type tunnel MR element. The magnetic sensor is manufactured by a method wherein a substrate is mounted on a permanent magnet plate 10 subjected to multipole magnetization in a stripe type and a film of the element 12 is formed or the element 12 is heat-treated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]



of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office